

# Transformação de Mercado para Eficiência Energética no Brasil

## Produto 2

---

Estudo de viabilidade técnica e econômica para o PoA de  
eficiência energética em edificações públicas no Brasil

Contrato N° 2017/000191

Projeto BRA09G31

Novembro 2017

Ministério do Meio Ambiente - MMA

Versão 01.0

Elaborado por:

Luis Filipe Kopp

## Sumário Executivo

O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade técnica e econômica de um Programa de Atividades (PoA) dentro do MDL que promova a adoção de medidas de eficiência energética em edificações públicas, das esferas municipais, estaduais e federal. As possíveis medidas a serem adotadas incluem melhoria de iluminação, com luminárias mais eficientes, isolamento térmico, que permite menor consumo energéticos de condicionadores de ar, dentre outras.

Além da eficiência energética, uma possível medida dentro do PoA é a geração de energia por fontes renováveis. Tecnologias de geração fotovoltaica e eólica possuem algumas vantagens no projeto de MDL, como maior fator de emissão para fins de cálculo da redução de emissão.

A análise de outros projetos de MDL de eficiência energética no mundo indicou que muitos projetos similares obtiveram o registro no Comitê Executivo, no entanto, poucos chegaram a emitir os créditos. Agora, na fase de análise de viabilidade técnica avaliamos as condições necessárias para que o PoA obtenha sucesso na emissão das RCEs. Logo, o projeto é tecnicamente viável.

A análise de viabilidade econômica indicou que a receita de eventuais RCEs são marginais se comparadas à economia gerada pelo menor consumo de energia elétrica. No entanto, o processo de validação, registro, monitoramento e verificação do PoA apresenta VPL positivo mesmo em cenários pessimistas. E mesmo que marginal, a possível receita poderá acelerar alguns investimentos ou possibilitar a elaboração de parcerias com terceiros.

# Índice

Sumário Executivo .....	2
1. Introdução.....	4
2. Análise de Viabilidade Técnica do PoA.....	4
2.1. Escolha e Aplicabilidade da Metodologia.....	4
2.1.1. AM0091. Versão 3 .....	5
2.1.2. AMS-II.C. Versão 15 .....	6
2.1.3. AMS-II.E Versão 10.....	8
2.2. Definição da Linha de Base.....	9
2.2.1. Fatores de Emissão.....	9
2.2.2. Edifício Protótipo .....	11
2.2.3. Volume Esperado de RCEs .....	13
2.3. Adicionalidade .....	14
2.4. Plano de Monitoramento .....	15
3. Análise de Viabilidade Econômica e Financeira do PoA.....	16
3.1. Premissas, Cenário de Referência e Preço do Carbono.....	16
3.2. Viabilidade Financeira do PoA .....	17
4. Conclusão .....	18
Referências .....	20

## 1. Introdução

Incentivos para promover fontes energéticas mais limpas e eficientes são fundamentais para que países, instituições e empresas consigam implementar as medidas que estejam no limite da viabilidade econômica e reduzam suas emissões de GEE. A proposta do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi justamente oferecer uma alternativa de menor custo de redução de emissão de GEE, pois incluiu a possibilidade de financiamento de projetos em países não-Anexo I, onde o custo de redução por tonelada de GEE ainda é menor.

Este estudo busca responder 3 (três) pontos principais quanto à viabilidade de um PoA de eficiência energética no Brasil. Primeiramente, se seria possível registrar o PoA no Comitê Executivo e ter as RCEs emitidas na verificação. Caso positivo, se o PoA viabiliza financeiramente as iniciativas que devem ser adotadas para eficientização energética das edificações e, por último, se é financeiramente viável desenvolver o PoA e levá-lo ao registro.

Com base nesses pontos, adotamos premissas básicas, respeitando as condições brasileiras de preço de energia, fator de emissão do grid. Estudamos a aplicabilidade das metodologias já aprovadas no Comitê Executivo do MDL e definimos uma edificação protótipo. Assim, é possível entender quantas edificações de mesmo porte seriam necessárias e que medidas deveriam ser adotadas para um PoA seja totalmente viável.

## 2. Análise de Viabilidade Técnica do PoA

### 2.1. Escolha e Aplicabilidade da Metodologia

A primeira etapa para o estudo de viabilidade de um projeto de MDL é a identificação de possíveis metodologias, com a avaliação se essas metodologias poderiam ser utilizadas no eventual PoA. Assim, será possível determinar uma estimativa de eventuais créditos a serem gerados e definir os requisitos necessários do plano de monitoramento. Esta análise é importante, pois como vimos, muitos projetos de MDL de eficiência energética já registrados, por algum motivo, falharam em emitir a quantidade de créditos esperados no momento do registro.

Consideramos os projetos de eficiência energética já desenvolvidos no MDL, analisamos as metodologias mais usadas e que melhor se enquadram no escopo do projeto (AMS-II.C. e AMS-II.E.) e eventualmente, uma que pudesse ser aplicada, mas que ainda não teve uso em projeto registrado (metodologia de grande escala AM0091). Removemos as metodologias de eficiência energética, mas com foco em eficiência térmica ou de distribuição de lâmpadas ou refrigeradores para residências (AMS-II.B. e AMS-II.J.). Como nesse momento só foi analisada a aplicabilidade, posteriormente será necessária a análise das ferramentas que essas metodologias adotam e do plano de monitoramento.

Nesta análise destacaremos a seção de escopo e aplicabilidade de cada uma das 3 (três) metodologias selecionadas. O texto referente ao escopo e aplicabilidade de cada metodologia foi mantido na versão original em inglês, pois devemos analisar a exigência exatamente como foi determinada e evitar qualquer interpretação errada por causa de tradução. Ao lado da exigência, apresentamos como o projeto se adequa à exigência e fornecemos uma conclusão para cada item.

### 2.1.1. AM0091. Versão 3<sup>1</sup>

A metodologia de grande escala AM0091 ainda não foi utilizada no registro de um projeto de MDL, possivelmente por que a maioria dos projetos de eficiência energética são dimensionados para ficarem dentro dos limites de uma metodologia de pequena escala, e com isso, passar por menos exigências e diminuir o risco no registro do Comitê Executivo.

*Tabela 1 - Análise da metodologia AM0091 quanto à aplicabilidade*

Exigência de Aplicabilidade	Situação / Conclusão
The scope of this methodology includes project activities that implement energy efficiency measures and/or fuel switching in new or existing buildings.	<p>O projeto consiste na instalação de equipamentos mais eficientes em novas edificações ou reforma.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
This methodology applies to project activities that implement energy efficiency measures and/or fuel switching in new or existing building units (residential, commercial, and/or institutional building units whose detailed categories are as defined in appendix 1). Examples of the measures include efficient appliances, efficient thermal envelope, efficient lighting systems, efficient heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems, passive solar design, optimal shading, building energy management systems (BEMS), intelligent energy metering, and fuel switching, excluding switching to biomass.	<p>O projeto será executado em prédios institucionais, e as tecnologias incluem iluminação eficiente, condicionamento de ar, etc.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
Project proponents should clearly describe in the PDD whether a proposed project activity involves the construction of new buildings, retrofitting existing one or the combination of both (construction new and retrofitting existing buildings) and which are the measures to be implemented under the project activity.	<p>A previsão é de reformas em edificações existentes, mas com possibilidade de implantação em prédios novos.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
Building units eligible for applying the methodology should belong to residential, commercial and institutional categories as defined in appendix 1;	<p>As edificações são institucionais.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
The sources of emissions eligible under the methodology are those including consumption of electricity, fossil fuel, and chilled water as well as leakage of refrigerant used in the building units;	<p>A componente principal é a economia de energia elétrica.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
None of the project building units, that are used for the calculation of project emissions, and chilled/hot water systems, that supply water to the project building units, is fed electrical or thermal energy by biogas systems.	<p>Fornecimento de biogás para geração de energia em prédios públicos não é prática comum no Brasil.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
None of the project building units, that are used for the calculation of project emissions, and chilled/hot water systems, that supply water to the project building units, is fed electrical or thermal energy by biomass. This condition only concerns biomass-fired	<p>Fornecimento de biomassa para geração de energia em prédios públicos não é prática comum no Brasil.</p>

<sup>1</sup> AM0091, disponível em <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/32WXA1F47YA70KZTNXN88W1UUQFTZ>

boilers, and excludes smaller appliances where only an insignificant amount of biomass is burned (e.g. barbecue pits).	<b>Exigência plausível de ser atendida</b>
None of the project building units, used for the calculation of project emissions, and chilled/hot water systems, supplying water to the project building units, is supplied electrical or thermal energy by cogeneration systems.	O uso de cogeração é raro, mas possível em alguns tipos de edificação que fazem uso de caldeira.
The difference between HDD/CDD between municipalities in which the project building units are located should not be more than +/- 20 per cent;	<b>Exigência demanda atenção.</b> Existe uma grande variação do perfil de temperaturas nos municípios do Brasil.
None of the project building units used for the calculation of project emissions use chlorofluorocarbon (CFC) as a refrigerant.	<b>Exigência demanda atenção.</b> O uso de CFC não é mais prática comum no Brasil.
None of the project building units used for the calculation of project emissions claim CERs for emission reductions achieved by using efficient appliances being credited in other project activities registered as CDM projects. If there is no CDM project receiving CERs from the use of efficient appliances within the host country, this applicability condition is deemed satisfied. Otherwise, a discount factor shall be applied to the energy consumption of the project building units in order to avoid possible double-counting of emission reductions;	<b>Exigência plausível de ser atendida</b> O monitoramento de projetos de MDL pode ser necessário, mas plenamente viável.
All the project building units must comply with all applicable national energy standards (e.g. building codes) in the project boundary, if they both exist and are enforced.	<b>Exigência plausível de ser atendida</b> Todos os edifícios incluídos no projeto terão autorização de funcionamento.
The renewable energy technologies that emit a material amount of GHG emissions (e.g. geothermal power plants, reservoir-type hydro power plants) are not allowed as a captive power source to project building units. However, geothermal plants are allowed to provide steam for chilled/hot water systems;	<b>Exigência plausível de ser atendida</b> Energia geotérmica não é prática comum na maior parte do Brasil. Projeto no Centro-Oeste deverão ser avaliados caso a caso.
The methodology is not applicable if only fuel switching measures are implemented in project building units;	<b>Exigência plausível de ser atendida</b> A componente de troca de combustível não é relevante.
When whole building computerised simulation tools are used to estimate emission reductions, only those computerised simulation tools that have successfully met the analytical verification and have a current empirical validation requirements as defined in the International Energy Agency's BESTEST protocol shall be used with this methodology. In addition, project participants shall demonstrate that the building energy simulations and related calibrations have been performed by skilled operator(s) as demonstrated by having at least three years of relevant experience and professional education and/or training.	<b>Exigência plausível de ser atendida</b> A estimativa da redução de emissão será calculada com base no monitoramento de energia por medidores.

### 2.1.2. AMS-II.C. Versão 15<sup>2</sup>

Esta metodologia de pequena escala prevê a instalação de equipamentos mais eficientes (lâmpada, refrigeradores, motores, ventiladores, condicionadores de ar, bombas, etc).

<sup>2</sup> Metodologia AMS-II.C., disponível em <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7Y44EN2RTD02AJ78JVWCGARE8W64KP>

*Tabela 2- Análise da metodologia AMS-II.C. quanto à aplicabilidade*

Exigência de Aplicabilidade	Situação / Conclusão
<p>This methodology comprises activities that involve the installation of new, energy-efficient equipment (e.g. lamps, ballasts, refrigerators, motors, fans, air conditioners, pumping systems, and chillers) at one or more project sites. Retrofit as well as new construction (Greenfield) projects are included under this methodology. In the case of new construction projects, a stepwise approach is indicated for determining the baseline under paragraph 19 of version 17.0 of the General guidelines for SSC CDM methodologies.</p>	<p>O projeto contempla a instalação de equipamentos (lâmpadas, aparelhos de ar-condicionado, bombas, etc.) mais eficientes. Reformas e novas edificações estão incluídas.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>This methodology is only applicable if the service level (e.g. rated capacity or output) of the installed, project energy-efficient equipment is between 90% and 150% of the service level of the baseline equipment. Examples of service levels are light output for lighting equipment, water output and temperature for water heating systems, and rated thermal output capacity of air conditioners. The relationship of the service level of the project energy-efficient equipment to the baseline equipment can be one to one replacement (e.g. replacement of inefficient refrigerator with new and efficient refrigerator) or many-to-one (e.g. replacement of small multiple chillers with a central chiller plant). In the latter case, the service level of the project and baseline can be compared on an aggregate basis.</p>	<p>O serviço fornecido pelos novos equipamentos devem estar entre 90 e 150% do serviço fornecido na linha de base.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>Requirements pertaining to the baseline of the retrofit projects and projects involving capacity increase are indicated in paragraphs 20 to 21 in the above cited general guidelines to SSC CDM methodologies. In the event that project output in year y is greater than the average historical output (average of the three most recent years prior to the project implementation) and the demonstration of the baseline for the incremental capacity is not undertaken, the value of the output in year y is capped at the value of the historical average output level.</p>	<p>O projeto é limitado ao serviço médio dos últimos três anos.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>If the energy-efficient equipment contains refrigerants, then the refrigerant used in the project case shall have no ozone depleting potential (ODP).</p>	<p>Caso algum equipamento do projeto utilize gás refrigerante, este não pode agredir a camada de ozônio.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>This methodology credits emission reductions only due to the reduction in electricity and/or fossil fuel consumption from use of more efficient equipment. However, the calculation of project emissions shall include any incremental emissions, as compared to the baseline, associated with refrigerants used in the project equipment.</p>	<p>A redução de emissão devida ao projeto contempla a redução de consumo de energia ou combustível fóssil, porém emissões do projeto com gases refrigerantes devem ser consideradas.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>The aggregate energy savings by a single project may not exceed the equivalent of 60 GWh per year for electrical end-use energy efficiency technologies. For fossil fuel end-use energy efficient technologies, the limit is 180 GWh thermal per year in fuel input.</p>	<p>A economia de energia não deve exceder 60 GWh por ano para tecnologias de eletricidade para usuário final. Para combustível fóssil, o limite é 180 GWh térmico de entrada do combustível.</p> <p>O limite de 60 GWh anual é equivalente ao consumo total de 25 edificações com 2.400 MWh/ano.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>
<p>In case the project activity involves the replacement of equipment, and the leakage effect of the use of the replaced equipment in another activity is neglected, because the replaced equipment is scrapped, an independent monitoring of scrapping of replaced</p>	<p>O equipamento trocado deverá ser descartado e o descarte auditado.</p> <p><b>Exigência plausível de ser atendida</b></p>

<p>equipment needs to be implemented. The monitoring should include a check on whether the number of project activity equipment distributed by the project and the number of scrapped equipment correspond with each other. For this purpose, scrapped equipment should be stored until such correspondence has been checked. The scrapping of replaced equipment should be documented and independently verified. In the specific case of lighting efficiency projects the guidance provided in paragraph 42 and footnote 10 may be applied to meet these requirements.</p> <p>Proposed method for collection and destruction shall allow for verification. An example method is collection of Incandescent Lamps (ICLs), recording of ICL wattage and destruction in decentralised or centralised locations, and destruction documented via witnessing by local environmental officials or time stamped video records. With recorded documentation of ICL destruction, the destruction can precede verification.</p>	
--	--

### 2.1.3. AMS-II.E Versão 10<sup>3</sup>

Esta metodologia de pequena escala prevê a instalação ou troca de equipamentos existentes (melhor isolamento térmico) e, opcionalmente, atividades de troca de combustível.

*Tabela 3- Análise da metodologia AMS.II.E. quanto à aplicabilidade*

Exigência de Aplicabilidade	Situação / Conclusão
This category comprises any energy efficiency and fuel switching measure implemented at a single building, such as a commercial, institutional or residential building, or group of similar buildings, such as a school, district or university.	As atividades serão implementadas em prédios institucionais.
This category covers project activities aimed primarily at energy efficiency; a project activity that involves primarily fuel switching falls into category III.B. Examples include technical energy efficiency measures (such as efficient appliances, better insulation and optimal arrangement of equipment) and fuel switching measures (such as switching from oil to gas).	A componente principal do projeto é a troca de equipamentos que consomem energia elétrica, e melhoria das condições ambientais para redução de consumo.
The technologies may replace existing equipment or be installed in new facilities.	As tecnologias podem substituir equipamentos antigos ou serem instaladas em novos edifícios.
The aggregate energy savings of a single project may not exceed the equivalent of 60 GWh per year.	A economia de energia não deve exceder 60 GWh por ano para tecnologias de eletricidade para usuário final. Este limite é equivalente ao consumo total de 25 edificações com 2.400 MWh/ano.
This category is applicable to project activities where it is possible to directly measure and record the energy use within the project boundary (e.g. electricity and/or fossil fuel consumption).	O sistema de monitoramento de energia deve ter capacidade para registrar a energia consumida no projeto.
This category is applicable to project activities where the impact of the measures implemented (improvements in energy efficiency) by	O impactos das medidas adotadas devem ser monitorados.

<sup>3</sup> Metodologia AMS-II.E., disponível <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/9QDGY435JDVTB8HN3VMI61K9XBWY30>

the project activity can be clearly distinguished from changes in energy use due to other variables not influenced by the project activity (signal to noise ratio).	<b>Exigência plausível de ser atendida</b>
In case the project activity involves the replacement of equipment, and the leakage effect of the use of the replaced equipment in another activity is neglected because the replaced equipment is scrapped, an independent monitoring of scrapping of replaced equipment needs to be implemented. The monitoring should include a check if the number of project activity equipment distributed by the project and the number of scrapped equipment correspond with each other. For this purpose scrapped equipment should be stored until such correspondence has been checked. The scrapping of replaced equipment should be documented and independently verified.	O equipamento trocado deverá ser descartado e o descarte auditado.

As metodologias de pequena escala acima são as mais comuns em projetos de eficiência energética no mundo. Uma análise preliminar da aplicabilidade concluiu que ambas possuem uso viável no projeto, assim, suas exigências de monitoramento e de cálculo de linha de base podem ser utilizadas para o estudo de viabilidade. Como as metodologias de pequena escala são viáveis e estão dentro do limite de 60 GWh anual, a AM0091 de grande escala apresenta maior complexidade nas exigências e foi removida das próximas análises.

## 2.2. Definição da Linha de Base

Como todas as edificações que serão incluídas no PoA, ou a grande maioria delas, devem estar conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), o cenário de linha de base, ou seja, o que aconteceria na ausência do MDL, é a continuação do funcionamento das edificações conforme configuração atual e, consequentemente, o maior consumo energético das edificações públicas e maior necessidade de geração de energia por usinas térmicas que utilizam combustíveis fósseis.

### 2.2.1. Fatores de Emissão

Projetos de eficiência energética possuem dois componentes principais para determinar o volume de GEE que deixaria de ser emitido, consequentemente a eventual receita pelos créditos de carbono: o ganho de eficiência energética em porcentagem (%), que depende das condições existentes em cada edificação e o que pode ser feito para economizar o consumo da energia, e o fator de emissão de CO<sub>2</sub> do SIN, como assumiremos que todas as edificações estão conectadas à rede, esse fator será único. O fator de emissão do grid varia ao longo do tempo, pois uma das variáveis no seu cálculo depende da proporção da operação de usinas térmicas à combustíveis fósseis e de fontes renováveis em operação e que entraram em operação nos últimos 3 (três) anos. Assim, aos valores variam ao longo dos anos, dos meses – pois em época de seca, recursos hídricos podem ser economizados e priorizar o uso de térmicas, e o fator também possui uma variação horária, pois em horários de pico, as fontes de energia da base (mais renováveis) não são suficientes.

*Tabela 4 - Fatores de Emissão de GEE em tCO<sub>2</sub>e/MWh para o SIN do Brasil (2006-2017)*

Margem de Construção	Margem de Operação												Fator de Emissão	
	Anual	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
2006	0,08	0,32	0,35	0,34	0,28	0,32	0,31	0,35	0,34	0,38	0,36	0,27	0,28	<b>0,20</b>
2007	0,08	0,23	0,20	0,19	0,20	0,16	0,26	0,31	0,32	0,36	0,38	0,41	0,49	<b>0,18</b>
2008	0,15	0,57	0,63	0,58	0,45	0,46	0,52	0,44	0,43	0,41	0,44	0,33	0,47	<b>0,31</b>
2009	0,08	0,28	0,25	0,26	0,25	0,41	0,37	0,24	0,20	0,16	0,18	0,18	0,19	<b>0,16</b>
2010	0,14	0,21	0,28	0,24	0,24	0,34	0,48	0,43	0,68	0,73	0,73	0,73	0,63	<b>0,31</b>
2011	0,11	0,26	0,29	0,21	0,20	0,27	0,34	0,31	0,30	0,27	0,35	0,36	0,35	<b>0,20</b>
2012	0,20	0,29	0,32	0,41	0,62	0,59	0,51	0,39	0,45	0,64	0,66	0,66	0,66	<b>0,36</b>
2013	0,27	0,61	0,60	0,59	0,60	0,58	0,61	0,58	0,56	0,59	0,59	0,61	0,61	<b>0,43</b>
2014	0,30	0,62	0,60	0,57	0,58	0,56	0,57	0,57	0,59	0,60	0,59	0,59	0,58	<b>0,44</b>
2015	0,26	0,60	0,58	0,58	0,55	0,55	0,58	0,57	0,55	0,53	0,54	0,55	0,55	<b>0,41</b>
2016	0,16	0,60	0,60	0,63	0,63	0,64	0,64	0,63	0,63	0,64	0,62	0,62	0,60	<b>0,39</b>
2017	<b>0,24*</b>	0,54	0,51	0,59	0,59	0,61	0,58	0,61	0,61	0,66	<b>0,58*</b>	<b>0,59*</b>	<b>0,58*</b>	<b>0,41</b>

fonte: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_despacho.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html)

\* dados estimados pela média dos últimos três períodos

Nota-se que o fator de emissão de GEE do SIN praticamente dobrou nos últimos 10 anos, passando de 0,20 ou 0,18 tCO<sub>2</sub>e/MWh para 0,39 ou 0,41 MWh/tCO<sub>2</sub>e. Para essa estimativa, completamos os dados de Margem de Construção (MC) para 2017 com o valor médio de 2014 a 2016, que são os últimos disponíveis, e para a Margem de Operação de Outubro a Dezembro de 2017, utilizamos os dados dos últimos 3 anos para os respectivos meses. Para o cálculo do fator de emissão, utilizamos a média simples entre MC e MO. Na Ferramenta metodológica para cálculo do fator do grid<sup>4</sup>, essa média pode ser ponderada em pelo menos três casos, priorizando a margem de operação: (1) projetos e energia eólica e solar, devido à geração intermitente e a incapacidade de gerenciar o despacho; (2) Nos períodos de creditação subsequentes ao primeiro (exceto se proibido pela metodologia usada no projeto); ou (3) Demanda suprimida, o que possibilitaria o aumento do peso da MC, o que não é interessante para o projeto.

Para o estudo de viabilidade adotaremos os valores de 0,4125 tCO<sub>2</sub>e/ano para o primeiro período de creditação. O fator de 0,5004 tCO<sub>2</sub>e/ano seria adotado para os períodos subsequentes, porém, recomenda-se adotar o período de creditação único de 10 anos para os CPAs. Esses valores foram obtidos pela média dos fatores de 2014 a 2017, usando-se os pesos  $W_{MC} = 50\%$  e  $W_{MO} = 50\%$  para o primeiro período e  $W_{MC} = 25\%$  e  $W_{MO} = 75\%$  para o segundo e terceiro períodos. Espera-se que essa estimativa seja representativa e conservadora para um futuro próximo no Brasil, pois de acordo com as políticas existentes não há indícios que o fator de emissão reduzirá em um curto prazo.

<sup>4</sup> Disponível em <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v6.pdf>

## 2.2.2. Edifício Protótipo

Determinar a economia energética de um edifício protótipo que seja representativo para os diversos edifícios no Brasil é complexo, pois diferentes edificações possuem diferentes equipamentos, o horário de funcionamento de uma escola é diferente do horário de um hospital ou outro prédio público. Além disso, o custo de implantação de equipamentos e sistemas eficientes varia da localidade e da condição atual da infraestrutura do edifício. Cada medida de redução de consumo de energia deve ser avaliada para cada situação.

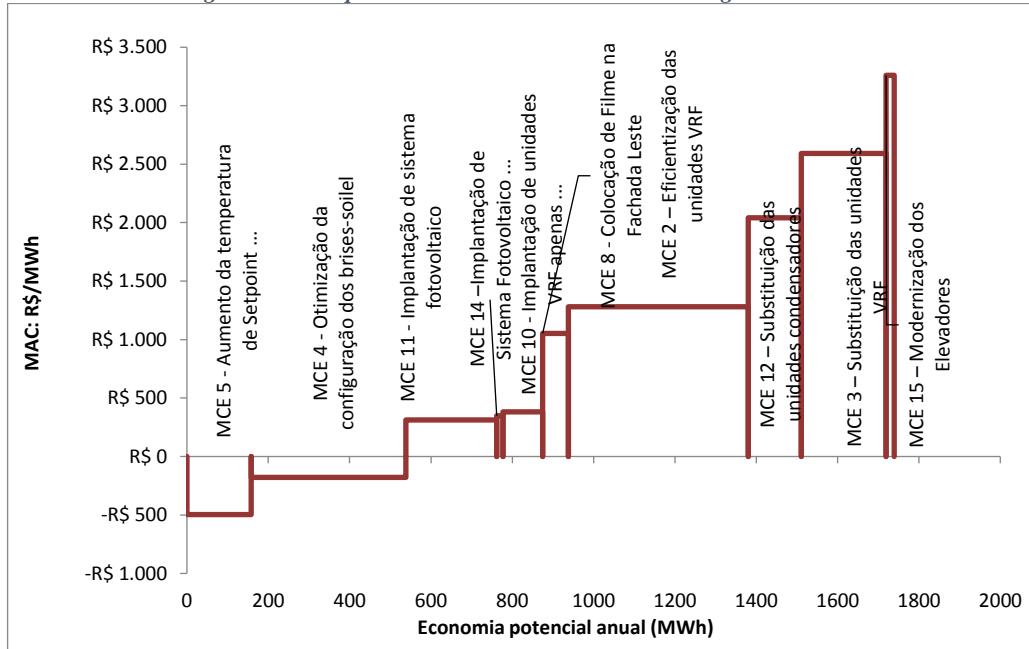
Utilizaremos uma adaptação da ferramenta desenvolvida pela McKinsey<sup>5</sup> para determinar a curva de custo de abatimento marginal, substituindo tCO<sub>2</sub>e por MWh economizado. Em síntese, a largura de cada coluna representa a quantidade de energia que pode ser economizada por ano, e o eixo vertical o custo – se negativo é uma economia implementar a medida, e se positivo, o valor presente é negativo. Com incentivos, por exemplo os créditos de carbono, é possível adotar medidas até que a receita por crédito se iguale ao custo marginal de abatimento. Ordenando-se em ordem crescente de custo, sabe-se o total de economia de energia que é viável.

O Edifício Sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura, Bloco B da Esplanada dos Ministérios será usado como protótipo / referência pois é a edificação que já possuímos o estudo de viabilidade para algumas medidas. Outros 20 edifícios da análise de benchmarking também podem ser usados para o estudo de viabilidade financeira. Na **Figura 1**, é possível determinar o preço da energia que seria necessário para viabilizar cada medida. Nessa análise, utilizou-se um horizonte de 20 anos, que é o horizonte mais razoável para um projeto de eficiência energética. A leitura desse gráfico exige cautela, pois as diferentes medidas podem interagir entre si e se uma medida for implementada, uma outra poderá não economizar tanto quanto previsto por causa de interação entre elas.

---

<sup>5</sup> Mais informações em <http://oco-carbon.com/metrics/macc-marginal-abatement-cost-curve-excel/>

Figura 1 - Exemplo de uma Curva de Abatimento Marginal de Custo



Percorrendo alguns Ministérios, podemos perceber que alguns ainda possuem uma grande quantidade de condicionadores de ar de janela. Ou seja, mesmo dentre os Ministérios a variação de possíveis medidas e custos variam significativamente. Essa variação explica-se pela diferença do volume do orçamento e as prioridades de investimento de cada Ministério.

Figura 2 - Fachada de um edifício ministerial da Esplanada (Bloco F)



### 2.2.3. Volume Esperado de RCEs

Para a estimativa da redução de emissão de GEE, é necessário multiplicar a energia economizada pelo fator de emissão calculado na subseção 2.2.1 - Fatores de Emissão. Para efeitos de simplificação, fontes de emissão de projeto, como combustíveis fósseis ou gases refrigerantes foram ignorados. Estimamos que seja possível economizar pelo menos 600 MWh (ou 25% do consumo total) por ano com intervenções feitas no protótipo. Com isso, tem-se a equação:

$$\begin{aligned} \text{Redução de Emissão (tCO}_2\text{e)} \\ &= \text{Consumo total (MWh)} \times \text{Fator de Economia (\%)} \times \text{fator de emissão } \left( \frac{\text{tCO}_2\text{e}}{\text{MWh}} \right) \\ &= 2.400 \times 25\% \times 0,4125 = 247,5 \text{ tCO}_2\text{e por edificação} \end{aligned}$$

As receitas provenientes de um projeto de MDL são marginais se comparadas com o que se deixa de pagar para a concessionária. Usando como referência o cálculo acima, se o preço médio de energia da concessionária for R\$ 536 por MWh<sup>6</sup>, o benefício do mercado de carbono seria o fator de emissão do grid (0,40 tCO<sub>2</sub>e/MWh) multiplicado pelo preço unitário da RCE. Como não há mercado bem estabelecido para negociação de RCE no momento, a melhor forma de estudar a viabilidade é indicar o preço da RCE que seria necessário para tornar cada medida viável. Para isso, a diferença entre MAC e receita dos créditos por MWh não pode ser superior ao preço médio de energia.

---

<sup>6</sup> O preço médio da energia do TCE-RJ foi de R\$ 536,50/MWh em Março de 2015.

*Tabela 5- Custo de Abatimento Marginal e Preço da RCE necessário para viabilizar cada MCE.*

Medida Adotada	MAC R\$/MWh	Investimento R\$	Economia Anual R\$	Economia de energia MWh	Preço mínimo da RCE R\$/RCE
MCE 5 - Aumento da temperatura de Setpoint ...	- 496,52	0	78.400	157,90	-185*
MCE 4 - Otimização da configuração dos brises-soilel	- 178,52	338.920	101.800	380,40	- 67
MCE 11 – Sistema fotovoltaico atualizado para 2017	- 170,52	158.150	24.000	48,00	-64**
MCE 11 - Implantação de sistema fotovoltaico-dados 2014	312,71	1.212.600	51.400	223,40	117
MCE 14 – Implantação de Sistema Fotovoltaico ...	348,48	89.270	3.550	15,43	130
MCE 10 - Implantação de unidades VRF apenas ...	381,74	782.200	41.000	97,50	142
MCE 8 - Colocação de Filme na Fachada Leste	1.052,61	974.300	30.800	63,30	392
MCE 2 – Eficientização das unidades VRF	1.280,70	7.571.852	190.700	442,32	477
MCE 12 – Substituição das unidades condensadores	2.041,41	3.300.000	63.800	130,40	761
MCE 3 – Substituição das unidades VRF	2.591,85	6.511.029	110.900	208,42	966
MCE 15 – Modernização dos Elevadores	3.260,00	700.000	4.800	20,00	1.215

\* Apesar de reportada, o aumento da temperatura de setpoint pode não ser elegível para MDL, pois é necessário possuir o mesmo nível de serviço da linha de base.; \*\* os custos de implementação do sistema fotovoltaico vêm reduzindo ao longo dos últimos anos, e procurou-se atualizar os valores de 2014 para 2017.

Do ponto de vista das reduções de emissões de GEE, é indiferente a economia de energia por causa de uma eficiência energética ou a geração da energia equivalente por fontes renováveis como a solar ou eólica. Assim, sendo possível instalar os equipamentos de geração, as medidas com maior custo marginal do que esta medida não é viável economicamente, pois em um cenário hipotético, se instalaria quantas placas solares quanto necessário para abater o consumo da edificação.

### 2.3. Adicionalidade

O Comitê Executivo é rigoroso ao avaliar a demonstração da adicionalidade no PoA-DD. Usando-se a ferramenta de adicionalidade, é necessário realizar uma análise financeira do projeto de eficiência energética. Atividades que são rentáveis, ou seja, o valor presente é positivo com a economia gerada pela redução do custo da cobrança da concessionária de energia, não deveriam ser adicionais. Ou seja, deveriam ser investidos e ocorrerem mesmo na ausência de um projeto de MDL.

Teoricamente, a análise financeira deveria ser desmembrada em cada medida, e a viabilidade de cada uma ser analisada separadamente. No entanto, identificamos que tem sido prática o registro pelo Comitê Executivo de projetos que argumentam que a dificuldade para levantar os recursos para investimento é condição suficiente para demonstrar adicionalidade. No caso de um PoA, os critérios para a análise financeira serão definidos no próprio documento do PoA, e em cada CPA seria apenas

necessário demonstrar que os projetos individuais satisfazem os critérios estabelecidos no processo de registro.

A dificuldade para implementar um projeto de eficiência energética em prédios públicos pode ter-se por base o histórico de melhorias do Bloco B da Esplanada dos Ministérios, com suas diversas dificuldades. Dentre as dificuldades, ressaltam-se as seguintes:

- Falta de previsão / disponibilidade financeira para execução dos projetos;
- Ocupação do edifício por diversos órgãos (mais de um Ministério), com orçamentos independentes;
- Necessidade de negociação com as empresas contratadas e parceiras para viabilizar instalação das luminárias, como por exemplo, as lâmpadas fluorescentes tubulares T5 14W nos 9º, 8º e 7º andares.
- Fatiamento da execução, levando a um maior cronograma;
- Execução com mão de obra da manutenção;
- Necessidade de troca de outras benfeitorias, como por exemplo, divisórias, quadro elétrico e forro;
- A impossibilidade de instalação de sensores e reatores dimerizáveis no projeto luminotécnico e adequação do sistema de ar condicionado até o momento, fortalece os argumentos listados.

Considerando essas dificuldades, existe a possibilidade de demonstrar a adicionalidade, mesmo em cenários onde o valor presente do projeto seja positivo (viável), se as dificuldades de obter o investimento são razoavelmente impeditivas para a realização das medias. Com isso, tem-se a barreira econômica.

#### **2.4. Plano de Monitoramento**

O monitoramento dos equipamentos incluídos nas medidas adotadas deverá ser realizado independentemente dos outros equipamentos, com medidor de energia com capacidade de realizar essa diferenciação. Essa medida é importante para garantir que um menor consumo de energia não seja por uma alteração no padrão do uso, que ocorreria mesmo sem as medidas de eficientização.

Considerando que para a viabilidade do PoA, diversas edificações deverão ser monitoradas, uma forma de consolidar essas informações mensalmente de forma automatizada evitará possíveis erros, e diminuirá os riscos de uma verificação com problemas. Por isso, os custos de um medidor de energia com as capacidades necessárias e o custo de coordenação da coleta de dados deverão ser incluídos nas análises de viabilidade.

### 3. Análise de Viabilidade Econômica e Financeira do PoA

#### 3.1. Premissas, Cenário de Referência e Preço do Carbono

O mercado de negociação de RCEs, que em 2008 era superior a € 20 por tCO<sub>2</sub>e, passou dois anos e meio em cerca de € 10, mas iniciou 2012 com cerca de € 5, e atualmente está na ordem de centavos, e sem volume de negociação. Logo, esse valor é incondizente com a importância do mercado de carbono e não pode ser usado como referência. Como pode ser visto na Figura abaixo.

Figura 3 - Preço histórico dos RCEs (2008-2013)



Fonte: <http://carbonfinanceforcookstoves.org/carbon-finance/prices-for-improved-cookstove-projects/>

O Brasil ratificou o Acordo de Paris em 12/09/2016<sup>7</sup>, assumindo metas voluntárias de redução das emissões de GEE em 37% até 2025, com o indicativo de redução de 43% até 2030 – ambos em comparação aos níveis de 2005. As principais fontes para redução no Brasil estão relacionadas ao desmatamento. O acordo gera uma obrigação e um custo embutido da redução de emissão, sob responsabilidade do governo. Mesmo uma inviabilidade financeira de medidas de eficientização de energia em prédios públicos, representantes do governo podem implementar as medidas como

<sup>7</sup> Disponível em <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2016/09/brasil-ratifica-acordo-de-paris-nesta-segunda-12>

demonstração da tecnologia e exemplo. Parcerias com entidades privadas podem ser celebradas como forma de amenizar barreiras no investimento.

### **3.2. Viabilidade Financeira do PoA**

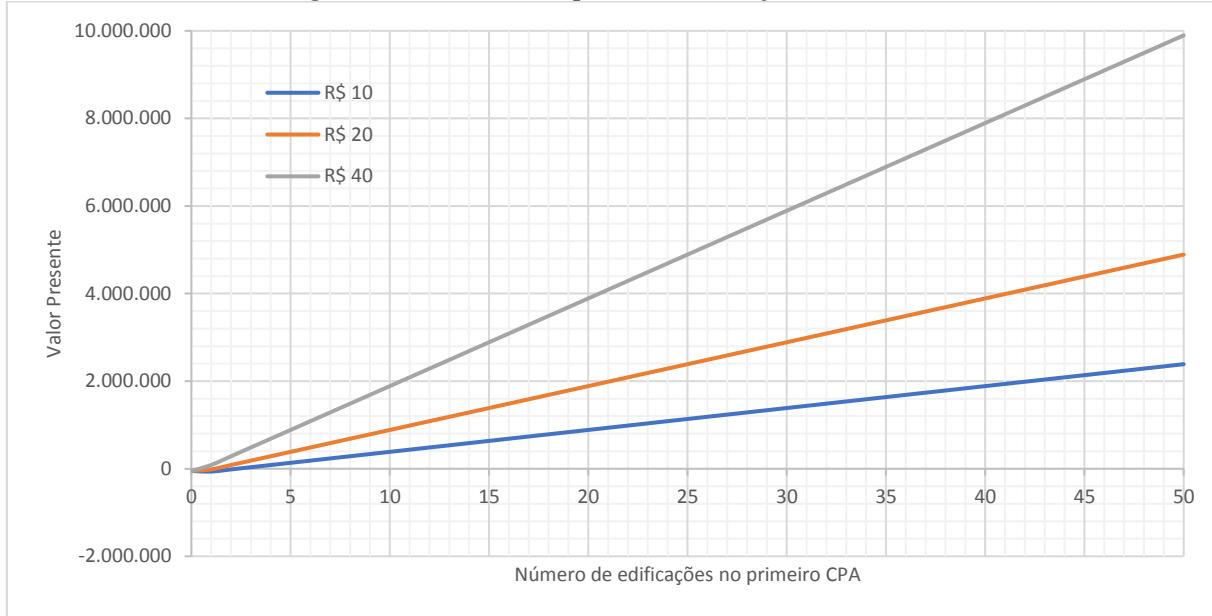
Um PoA é economicamente viável caso seu de registro no Comitê Executivo do MDL, e monitoramento e verificação do projeto não impacte significantemente a eventual receita de venda dos créditos de carbonos gerados. A escalabilidade de um projeto, ou seja, o custo de inclusão de uma atividade em um CPA deve ser marginal. Por exemplo, no caso da eficiência energética, se para cada edificação for necessário instalar equipamentos de medição de energia de alto custo, ou a dificuldade da entidade responsável pela coordenação em coletar individualmente os dados monitorados, nem todas as edificações poderão ser incluídas, reduzindo o potencial ganho de escala.

Para esse estudo, utilizamos 3 (três) cenários de preços do RCE, sendo R\$ 10, R\$ 20 ou R\$ 40. O principal custo do processo de registro é a contratação da EOD. Adotamos que o custo de validação do PoA seja R\$ 50.000, inclusão de CPA por R\$ 30.000 e verificação também por R\$ 30.000.

Outra variável na análise foi o número de edificações no primeiro CPA, que é enviado juntamente com o PoA para o registro. Variamos de 0 (zero), ou seja, projeto inicia a validação e não obtém registro, até 50 edificações. Nas inclusões subsequentes de CPA, é previsto o dobro de edificações que no primeiro CPA. Previmos incluir 3 (três) CPAs, aos 3 (três), 7 (sete) e 11 (onze) anos de projeto. Cada um com período de creditação de 10 (dez) anos. As verificações previmos somente duas, sendo a primeira aos 10 (dez) anos e a segunda no final do 21º ano, que é fim do projeto.

A inclusão de CPA poderia ser antecipada se um número mínimo de edificações já esteja disponível para inclusão (as medidas ainda não devem ter sido adotadas) antes do intervalo estimado e a verificação também pode ser antecipada, caso o volume de créditos seja o suficiente para viabilizar. Ambas ações aumentariam o retorno financeiro do PoA. A taxa de desconto aplicada foi de 8%.

*Figura 4 - Valor Presente Líquido do PoA em diferentes cenários*



O PoA torna-se viável, ou seja, apresenta VPL positivo a partir de 5 edificações no primeiro CPA, com o dobro de edificações nos dois CPAs subsequentes, mesmo com o cenário de R\$ 10 por RCE. Um cenário intermediário, com R\$ 20 per RCE e 20 edificações no primeiro CPA apresentou VPL de R\$ 1,9 milhões, sendo receita de R\$ 2,9 milhões em 2028 e R\$ 3,9 milhões em 2039. Para ilustração, no ano da primeira verificação, cada edificação receberia líquido (já descontados os custos incorridos até o momento) R\$ 4.767 por ano e na segunda verificação, R\$ 5.417 por ano.

Em um cenário pessimista, com a inclusão de apenas 20 edificações no primeiro CPA e nenhum CPA posterior, a única verificação ocorreria no final dos 10 anos do período de creditação. Nesse cenário o preço do RCE deveria ser ao menos R\$ 1,80 por tCO<sub>2</sub>e para um VPL positivo (usando a taxa de desconto de 8% a.a.)

Esses valores indicam uma viabilidade financeira, justificam a instalação de medidores, mas não financiam a execução das medidas de eficiência. Por isso, a escalabilidade é importante, com 50 edificações no primeiro CPA e R\$ 40 por RCE, as 866 mil RCEs gerariam uma receita na primeira verificação de R\$ 14,8 milhões e R\$ 19,8 milhões na segunda verificação. Isso representaria R\$ 9,8 mil reais anuais por edifício no primeiro período e R\$ 11 mil por ano no segundo período.

## 4. Conclusão

Existe viabilidade técnica, mantendo-se o entendimento do Comitê Executivo de aceitar a barreira econômica, sem a necessidade de análise financeira. Existe também a viabilidade do PoA, principalmente se houver o patrocínio por alguma empresa. No entanto, os incentivos do MDL são

marginais em relação à economia quanto ao menor consumo de energia, e não seria suficiente para viabilizar medidas de eficiência energéticos em todas as edificações.

A análise de viabilidade das medidas MCE-11 e MCE14, referentes à implantação de energia fotovoltaica foi realizada com dados de 2014. Como é uma tecnologia que tem tido os custos reduzidos ao longo dos anos, caso ainda não seja viável atualmente, será em breve com as recentes altas nos preços. Em algumas regiões essa viabilidade pode ocorrer primeiro devido às diferenças de preço da energia. Por isso, recomenda-se adicionar a componente de geração de energia renovável no PoA com a metodologia AMS-I.D., pois existe a possibilidade de diversas edificações públicas instalarem fontes renováveis de geração de energia nos próximos 21 anos. Da perspectiva do MDL, a quantidade de energia gerada pelas fontes eólicas e solar geram mais RCEs que a mesma quantidade de energia economizada, pois para o cálculo do fator de emissão do grid usam-se pesos diferentes das margens de construção e de operação.

## Referências

- MMA (2015) Etiquetagem do nível de eficiência energética do edifício sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura – bloco B / Esplanada dos Ministérios, disponível em <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/10499>
- UNFCCC (2007) AMS-II.E. - Energy efficiency and fuel switching measures for buildings, Versão 10.0, disponível em <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/9QDGY435JDVTB8HN3VMI61K9XBWY30>
- UNFCCC (2015) AM0091 - Energy efficiency technologies and fuel switching in new and existing buildings, versão 3.0, disponível em <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/32WXA1F47YA70KZTNCXN88W1UUFQTZ>
- UNFCCC (2016) AMS-II.C. - Demand-side energy efficiency activities for specific Technologies, Versão 15.0, disponível em <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7Y44EN2RTD02AJ78JVWCGARE8W64KP>
- UNFCCC (2014) AMS-I.D. - Grid connected renewable electricity generation, Versão 18.0, disponível em <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/W3TINZ7KKWCK7L8WTXFQQOFQQH4SBK>
- GLOBAL ALLIANCE FOR CLEAN COOKSTOVES (2013) Carbon Credit Prices for Improved Cookstove Projects, disponível em <http://carbonfinanceforcookstoves.org/carbon-finance/prices-for-improved-cookstove-projects/>
- MCTIC (2017) Fatores de emissão da margem de operação pelo método da análise de despacho, disponível em [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_despacho.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html)